



Ekstraksi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis (*Citrus Sinensis*) Dengan Metode *Vacuum Microwave Assisted Hydrodistillation*

Megawati¹, Rosa Dwi Kurniawan^{1,2}✉

DOI 10.15294/jbat.v4i2.4143

¹Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

²Unit Microcapsule, Departemen HRD, PT Purabarutama, Kudus, Indonesia

Article Info

Sejarah Artikel:

Diterima Oktober 2015

Disetujui Desember 2015

Dipublikasikan Desember 2015

Keywords:

Biodegradable foam, baking process, magnesium stearat, protein.

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengekstrak minyak atsiri dari kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) dengan metode *vacuum microwave assisted hydrodistillation* (VMAHD). Kondisi operasi yang dipilih adalah variasi massa kulit (50, 100, dan 150 g) dan waktu (2, 4, 6, dan 8 menit). Volume air sebagai solven yang digunakan 300 mL. Sebelum ekstraksi menggunakan metode VMAHD, analisis kadar minyak kulit jeruk dilakukan dengan metode ekstraksi dengan pelarut n-heksana 100 mL selama 20 siklus menggunakan soxhlet. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa kadar minyak dalam kulit jeruk manis 3,2% v/w. Pengaruh ekstraksi pada kondisi vakum dipelajari dengan membandingkan hasil ekstraksi pada tekanan vakum terhadap tidak vakum. Pada kondisi vakum minyak mendidih pada 50 °C, sementara itu pada kondisi tidak vakum 80 °C. Jadi, yield minyak pada kondisi vakum lebih tinggi daripada tidak vakum untuk waktu 8 menit. Data percobaan menunjukkan bahwa rendemen minyak dipengaruhi oleh waktu; semakin lama waktu ekstraksi, minyak yang didapat cenderung meningkat. Pada variasi massa bahan, rendemen minyak cenderung menurun dengan meningkatnya massa bahan. Rendemen minyak optimal menggunakan metode VMAHD 0,22%, uji densitas minyak 0,84 g/mL, dan minyak atsiri larut dalam alkohol 70%. Hasil analisis GC-MS memberi indikasi bahwa minyak kulit jeruk terdiri dari Limonene (96,69%) dan Pinene (3,31%), yang termasuk dalam golongan sesquiterpen.

Abstract

The objective of this research is to extract essential oil of sweet orange peel (*Citrus sinensis*) using *vacuum microwave assisted hydrodistillation* (VMAHD) method. The operation condition was at various orange peel mass (50, 100, and 150 g) and extraction times (2, 4, 6, 8, and 10 min). The volume of water as solvent was about 300 mL. Before extraction, analysis of oil content in orange peel was conducted using solvent extraction by soxhlet method with 100 mL of n-hexane and 20 cycles number. The analysis resulted in the oils of sweet orange peel is about 3.2% v/w. Effect of extraction in vacuum conditions is studied by comparing the result of extraction in vacuum pressure to extraction at atmospheric pressure. The boiling temperature in atmospheric pressure was 80 °C and in vacuum pressure decreased to 50 °C. Thus oil yield in vacuum pressure is greater than at atmospheric pressure for 8 min of time. The experimental data showed that the oil yield is influenced by time; the longer time of extraction, oil yield obtained tends to be increased. In the material's mass variation, oil yield tends to be decreased in percentage with increasing mass of material. The VMAHD method results on the oil content of 0.22% v/w yield obtained materials, test oil density of 0.84 g / mL, and essential oil dissolved in alcohol 70%. GC-MS analysis indicates that orange peel oil is composed of Limonene (96.69%), and Pinene (3.31%), which are in the class of sesquiterpenes.

© 2015 Semarang State University

✉Corresponding author:

Unit Microcapsule, Departemen HRD, PT Purabarutama

Jl. Agil Kusumadya Km 4, Kudus

Email: 105kurniawan@gmail.com

ISSN 2303-0623

PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah sampah yang ada di masyarakat telah menjadi permasalahan yang cukup rumit untuk dipecahkan. Di antara sampah tersebut adalah sampah organik, seperti sampah rumah tangga, daun-daun kering, kain yang berbahan serat alami (Suyitno, 2007). Hal ini mendorong banyak orang untuk mengolah sampah tersebut menjadi barang yang lebih bernilai, seperti pemanfaatan kulit dari buah dan biji-bijian dari sampah organik menjadi sesuatu yang bernilai. Salah satu cara pemanfaatan limbah buah menjadi sesuatu bernilai adalah ekstraksi minyak atsiri kulit buah (Astarini, 2010 dan Fong, 2012). Salah satu kulit buah yang dapat dimanfaatkan adalah kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*). Senyawa kimia yang terdapat dalam kulit jeruk manis dapat dimanfaatkan karena memiliki gugus penyusun pektin (Srivastava dan Malviya, 2011) dan minyak atsiri. Komponen minyak atsiri dari kulit jeruk manis terdiri dari *limonene* (95%), mirsen (2%), oktanal (1%), dekanal (0,4%), sitronelal (0,1%), neral (0,1%), geranial (0,1%), valensen (0,05%), sinnsial (0,02%), dan sinensial (0,01%) (Seputri dkk, 2010). Senyawa *limonene* yang terdapat di dalam kulit jeruk inilah yang membuat minyak atsiri kulit jeruk mahal karena beraroma yang khas dan dapat digunakan untuk obat pengusir nyamuk bila dibakar. Oleh karena itu, kulit jeruk akan sangat bermanfaat jika diekstrak untuk mendapatkan minyak atsirinya.

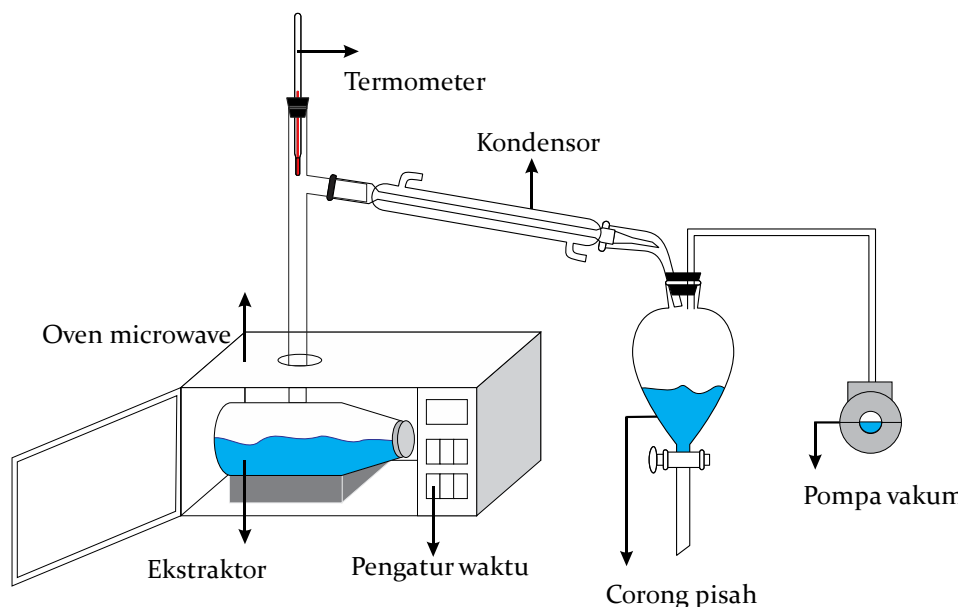
Metode baru yang menjadi harapan dapat meningkatkan rendemen minyak hasil ekstraksi dengan waktu cepat dan proses yang efisien diantaranya *microwave assisted hydrodistillation* (MAHD) yang pernah diteliti oleh Megawati dan Murniyawati (2015) dan Triyana (2013); *supercritical extraction* (Jin dkk., 2010; Kamali dkk., 2015; Suetsugu dkk., 2013), *vacuum microwave-assisted extraction* (VMAE) oleh Wang dkk (2008), dan *microwave-assisted hydrodistillation* (MAHD) oleh Fadel dkk (2012). *Vacuum microwave-assisted extraction* (VMAE) merupakan proses ekstraksi dengan *microwave* sebagai sumber panas dalam kondisi vakum. Pada metode ini, titik didih ekstraksi pelarut lebih rendah daripada titik didih pada tekanan udara. Dengan demikian, ekstraksi dengan metode *vacuum microwave-assisted extraction* akan menghasilkan minyak atsiri relatif lebih banyak dibanding dengan metode distilasi biasa (Wang dkk., 2008). Secara khusus, metode pada kondisi vakum ini dapat diaplikasikan untuk mengurangi kerusakan minyak atsiri akibat panas terlalu tinggi dan terlalu lama. Waktu yang diperlukan untuk ekstraksi minyak atsiri menggunakan me-

tode distilasi air sekitar 3 jam untuk minyak daun Zodia (Handayani dan Nurcahyanti, 2014), metode maserasi sekitar 12 jam untuk minyak bunga mawar merah (Damayanti dan Fitriana, 2012). Sementara itu, penggunaan *microwave* sebagai sumber energi untuk ekstraksi minyak atsiri dilaporkan memerlukan waktu yang sangat singkat, hanya sekitar beberapa menit (Farhat dkk., 2011; Fong, 2012; Huda, 2014; Megawati dan Murniyawati, 2015; dan Triyana, 2013).

METODE PERCOBAAN

Pada penelitian ini, ekstraksi minyak atsiri kulit jeruk manis dilakukan dalam *microwave* sebagai sumber energi. Sementara itu, beberapa analisis yang sudah dilakukan adalah densitas, kelarutan, kadar minyak atsiri bahan dan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) untuk mengetahui senyawa-senyawa kimia dalam minyak atsiri yang diperoleh. Analisis GC-MS minyak atsiri kulit jeruk dilakukan di Teknik Kimia, Universitas Negeri Semarang menggunakan GC Perkin Elmer Tipe Clarus 680 dan MS SQ 8T, dengan kondisi operasi antara lain: tipe instrumen PE Autosystem GC, kecepatan sampling 1,5625, kontrol Carrier PFlow-He, panjang kolom 30 meter, *Split flow* 20mL/menit, *initial setpoint* 1 mL/menit, diameter 250 µm, program suhu oven 50-350 °C, total waktu Run 16,5 menit. Untuk penelitian ini ekstraksi dilakukan dengan 2 kondisi, pertama kondisi non vakum dan kedua kondisi vakum. Bahan yang digunakan antara lain kulit jeruk dengan massa yang divariasikan (50, 100, dan 150 g), kemudian dicampur dengan air sebanyak 300 mL, alkohol 70% (untuk uji kelarutan), dan pelarut n-heksana (untuk uji kadar minyak atsiri dalam bahan-menggunakan metode soxhlet selama 20 siklus).

Analisis kadar minyak atsiri kulit jeruk dilakukan dengan menimbang sebanyak 10 g, kemudian dibungkus dengan kertas saring dan dimasukkan ke dalam selongsong alat ekstraktor soxhlet. Pelarut n-heksana sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam labu alas bulat. Kulit jeruk diekstraksi pada kondisi operasi 70-80 °C hingga mencapai 20 siklus. Setelah dilakukan proses ekstraksi, diperoleh hasil ekstraksi berupa campuran minyak kulit jeruk dan pelarut n-heksana. Hasil ekstraksi yang diperoleh kemudian dimurnikan dengan cara mendistilasi n-heksana pada suhu 70-80 °C sampai pelarut tidak mengembun lagi. Minyak kulit jeruk masih mengandung sedikit pelarut maka selanjutnya dilakukan pemanasan dengan oven dengan suhu 70 °C untuk menguapkan pelarut, dan menimbanginya sampai



Gambar 1. Seperangkat Alat Ekstraksi *Vacuum Microwave Assisted Hydrodistillation*

didapatkan massa minyak atsiri konstan. Minyak kulit jeruk yang didapat dihitung kadarnya dalam % massa.

Ekstraksi minyak atsiri kulit jeruk dengan Metode *Vacuum Microwave-Assisted hydrodistillation* diawali dengan memasukkan potongan kulit jeruk dengan massa yang sudah ditentukan dan 300 mL air ke dalam ekstraktor kaca (lihat pada Gambar 1). Ekstraktor kaca yang telah berisi bahan kemudian dimasukkan dalam *microwave oven* (Samsung tipe ME731K, panjang gelombang 2450 MHz), kemudian memasang dan mengalirkan air pada kondensor, dan memasang buret di bawah kondensor. Setelah itu waktu pada *microwave oven* diatur selama 10 menit dan *microwave oven* mulai dihidupkan. Kemudian alat vakum dipasang, yang dihubungkan pada konektor distilasi agar kondisi ekstraksi menjadi vakum. Distilat yang keluar dari kondensor dilewatkan corong pisah agar kondisi selama ekstraksi tetap vakum. Ekstraksi dihentikan ketika distilat sudah tidak keluar. Hasil minyak atsiri di dalam corong pisah dipisahkan dengan cara mengalirkan distilat ke bawah. Beberapa analisis yang dilakukan untuk mengetahui kualitas minyak kulit jeruk yang didapat yaitu rendemen dalam % massa, senyawa kimia minyak atsiri dengan GC-MS, densitas, dan kelarutannya dalam alkohol 70%.

Pengujian kelarutan dalam alkohol dilakukan dengan mencampurkan minyak kulit jeruk yang masih bercampur air sebagian dengan alkohol 70% di dalam botol sampel kemudian dikocok secara perlahan untuk mendapatkan campuran yang homogen. Larutan yang terben-

tuk dari pencampuran tadi, kemudian didiamkan dan diamati hasilnya. Minyak atsiri dinyatakan larut jika terbentuk 2 lapisan dan tidak larut jika lapisan yang terbentuk ada 3.

PEMBAHASAN

Sebelum kulit jeruk manis sebagai bahan baku diekstraksi, kulit jeruk dipotong kecil-kecil untuk memperluas area permukaan bahan sehingga dapat meningkatkan rendemen minyak kulit jeruk hasil ekstraksi dengan *vacuum microwave-assisted hydrodistillation*. Analisis kadar minyak atsiri dalam kulit jeruk dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas kulit jeruk dan menghitung efisiensi ekstraksi dengan *microwave-assisted hydrodistillation*. Analisis ini dilakukan menggunakan metode ekstraksi dengan n-heksana memakai alat ekstraktor *soxhlet*. Setelah ekstraksi, minyak atsiri yang didapatkan perlu dilakukan pemurnian pelarut dengan cara menguapkan kembali n-heksana dan dilakukan pemanasan dengan oven sehingga didapatkan minyak atsiri kulit jeruk murni. Pengovenan dilakukan sampai massa minyak konstan, selanjutnya kadar teoritis dihitung sebagai nilai perbandingan antara massa minyak atsiri dengan massa bahan baku dikalikan 100%. Kadar yang didapatkan pada analisis ini sebesar 3,2% (w/w).

Ekstraksi minyak atsiri kulit jeruk dengan MAHD dilakukan pada kondisi operasi tekanan 1 atm. Rasio massa bahan dengan volume air adalah 50, 100, dan 150 gram bahan dalam volume air sebanyak 300 mL. Pengaruh waktu ekstraksi dipelajari dengan cara mengamati volume

minyak dan air yang tertampung setiap 1 menit sampai ekstraksi selesai (10 menit). Pada percobaan ini dilakukan pada kondisi tidak vakum karena saat dilakukan percobaan ini masalah modifikasi vakum belum terselesaikan dan hasil dari minyak kulit jeruk tidak dapat diukur karena hasilnya terlalu sedikit. Hasil minyak kulit jeruk yang sedikit itu karena dipengaruhi rendemen minyak kulit jeruk yang sedikit dan bahan baku yang digunakan sedikit.

Penggunaan metode ekstraksi MAHD yang memanfaatkan gelombang mikro dari oven *microwave* dalam tekanan atmosfer, memerlukan kesempurnaan di dalam operasionalnya yaitu harus tertutup rapat agar tidak terjadi kebocoran sinar radiasi yang dapat menyebabkan ekstraksi tidak bekerja secara maksimal. Uap minyak-air juga harus dikeluarkan dan dilewatkan kondensor yang selanjutnya menuju buret yang dihubungkan dengan selang ke gelas ukur. Volume distilat di dalam buret dijaga konstan dengan cara mengisi air pada batas level tertentu sebelum ekstraksi dimulai. Selama ekstraksi, volume minyak yang tertampung sebagai cairan pada lapisan atas di dalam buret diukur setiap 1 menit. Setelah 10 menit, proses ekstraksi berhenti. Berdasarkan teori ekstraksi, semakin besar rasio bahan, maka rendemen relatif semakin kecil karena kemampuan pelarut mengekstrak berkurang.

Pada percobaan ini dilakukan metode *vacuum microwave assisted hydrodistillation* (VMAHD) dimana kondisi operasinya kurang dari 1 atm. VMAHD adalah pemisahan suatu campuran berdasarkan perbedaan titik didihnya dengan memanfaatkan pemanasan gelombang mikro dimana lebih efisien dibandingkan dengan pemanasan biasa (Rahmania, 2012). *Vacuum microwave assisted hydrodistillation* juga berguna untuk menjaga kerusakan minyak pada suhu tinggi. Dilakukan beberapa cara modifikasi supaya keadaan vakum tercapai. Salah satu cara memodifikasi yang sudah dilakukan dengan memasang adaptor vakum yang dihubungkan dengan corong pisah, digunakan corong pisah yang disambungkan pada adaptor vakum bertujuan agar saat proses ekstraksi berlangsung tekanan tetap vakum. Modifikasi ini diketahui bahwa pompa vakum memiliki tekanan yang sangat besar hal ini dibuktikan dengan terbawanya distilat bersama pompa vakum. Modifikasi ulang juga dilakukan dengan memasang keran pada sambungan selang yang disambungkan pada adaptor vakum.

Kemudian setelah modifikasi selesai dilakukan proses ekstraksi kembali dengan mengatur tekanan agar tidak terlalu besar. Pengaturan tekanan ini dilakukan dengan cara membuka dan

menutup keran yang telah dipasang. Pada saat terjadi pe-nguapan keran dibuka setengah, hal ini bertujuan agar tekanan yang didapat optimal. Setelah beberapa saat didapatkan distilat yang menetes dan mengumpul pada corong pisah. Setelah 2 menit terkumpul keran pada corong pisah dibuka kemudian distilat dialirkan pada buret untuk mengukur distilat yang dihasilkan. Setelah distilat dalam corong pisah habis keran pada corong pisah ditutup kembali dan dibiarkan terisi. Pengaruh *vacuum microwave assisted hydrodistillation* dapat dilihat pada penurunan suhu titik didihnya. Suhu titik didih sebelum dilakukan vakum adalah 80 °C kemudian setelah dilakukan vakum suhu titik didihnya turun menjadi 50 °C. Hal ini menunjukkan bahwa ekstraksi vakum *microwave* terbukti menurunkan suhu titik didihnya (Rahmania, 2012). Berarti, VMAHD lebih efisien karena proses pemanasannya menggunakan gelombang mikro dan tekanannya rendah (Rahmania, 2012).

Tabel 1. Volume Minyak Atsiri Kulit Jeruk Hasil Ekstraksi Menggunakan VMAHD

Waktu (menit)	Volume minyak (mL)
2	0,2
4	0,3
6	0,3
8	0,4

Pengaruh waktu selama proses ekstraksi dapat dipelajari untuk rasio massa bahan dengan volume air 1:2, dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa setiap tingkatan waktu 2 menit. Pada 2 menit pertama, minyak atsiri kulit jeruk yang tertampung sebesar 0,2 mL. Sedangkan pada 2 menit berikutnya, volume minyak atsiri meningkat menjadi 0,4 mL, kemudian tidak ada distilat lagi yang keluar.

Minyak atsiri yang diperoleh dianalisis sifat fisiko-kimianya yaitu dengan uji densitas dan kelarutannya dalam alkohol. Densitas minyak atsiri kulit jeruk diperoleh minyak atsiri kulit jeruk dari tugas akhir ini sebesar 0,84 g/mL sesuai dengan literatur menurut Ketaren (1990) yaitu antara 0,84–0,8464 g/mL. Tujuan dari penentuan sifat kelarutan ini adalah untuk mengetahui sebesar mana tingkat kemurnian sampel minyak berdasarkan kelarutannya dalam alkohol. Pada analisis kelarutan minyak dalam alkohol; setelah diamati, ternyata terbentuk dua lapisan, berarti minyak kulit jeruk larut sempurna dalam alkohol.

Uji GC-MS digunakan untuk mengetahui



Gambar 2. Kromatograf Minyak Kulit Jeruk Hasil Ekstraksi Menggunakan VMAHD



Gambar 3. Kromatograf Minyak Kulit Jeruk Hasil Ekstraksi pada Kondisi non Vakum

Tabel 2. Hasil Kromatograf Minyak Kulit Jeruk Hasil Ekstraksi Menggunakan VMAHD

IT	FT	RT	Area	Height	Konsentrasi (%)
6,84	6,965	6,88	141629632	2325216768	3,31
7,515	7,876	7,856	4141162240	18395033600	96,69

Tabel 3. Hasil Kromatograf Minyak Kulit Jeruk pada Kondisi non Vakum

IT	FT	RT	Area	Height	Konsentrasi (%)
6,82	6,975	6,875	203143424	2795186432	4,54
7,535	7,896	7,876	4267875328	19484155904	95,46

kandungan senyawa kimia minyak atsiri kulit jeruk. Pada literatur, uji GC-MS menunjukkan bahwa minyak atsiri kulit jeruk memiliki kandungan terbesar senyawa *limonene* dan *pinene* yang merupakan golongan sesquiterpen. Sedangkan hasil uji GC-MS minyak atsiri kulit jeruk dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3, Tabel 2 dan 3, masing-masing untuk kondisi vakum dan non vakum. Hasil uji GC-MS memperlihatkan bahwa senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam minyak atsiri kulit jeruk hasil percobaan terdiri dari *limonene* dan *pinene* (lihat Tabel 4). Pada Ta-

bel 5 dapat dilihat perbandingan secara kuantitatif komponen kimia yang terkandung dalam minyak atsiri kulit jeruk hasil percobaan dengan minyak atsiri kulit jeruk dengan metode penyulingan uap oleh Seputri dkk (2010).

Uji GC-MS pada sampel dari percobaan ini menunjukkan bahwa kandungan minyak atsiri kulit jeruk ada 2 komponen, komponen terbesar yaitu *Limonene* (96,69%). Komponen lainnya *Pinene* (3,31%). Hal ini berarti komposisi minyak atsiri kulit jeruk termasuk pada golongan sesquiterpen. Sementara itu, dari hasil referensi

(Seputri dkk., 2010) diperoleh kandungan terbesar yaitu *Limonene* (95%). Jadi dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa minyak atsiri kulit jeruk hasil percobaan memiliki persamaan pada kandungan terbesar dengan hasil referensi.

Tabel 4. Senyawa Kimia Minyak Atsiri Kulit Jeruk

Waktu Retensi	Area	Senyawa Kimia
6,88	141629632	<i>Pinene</i>
7,876	4267875328	<i>Limonene</i>

Tabel 5. Perbandingan secara kuantitatif komponen kimia minyak atsiri kulit jeruk dari hasil percobaan dan referensi

Senyawa Kimia	Hasil sampel	Referensi (Seputri dkk., 2010)
<i>Limonene</i>	96,69%	95%
<i>Myrcene</i>	-	2%
<i>Noctanal</i>	-	1%
<i>Pinene</i>	3,31%	0,4%
<i>Linalool</i>	-	0,3%
<i>Decanal</i>	-	0,3%
<i>Sabinene</i>	-	0,2%
<i>Komppnen lain</i>	-	0,8%

SIMPULAN

Pada percobaan ini dilakukan kondisi vakum dan non vakum, untuk variabel non vakum dilakukan dengan pengaruh variasi bahan dan waktu, dan untuk variabel vakum dilakukan dengan pengaruh waktu terhadap rendemen minyak atsiri. Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa kondisi vakum mampu menurunkan titik didih menjadi 50 °C, yang sebelum kondisi non vakum titik didihnya 80 °C. Hasil pengujian minyak atsiri kulit jeruk diperoleh data antara lain rendemen minyak atsiri sebesar 0,22% (v/m), densitas 0,84 g/mL, serta larut jernih dalam alkohol 70%. Hasil uji GC-MS diperoleh bahwakomposisi minyak atsiri kulit jeruk dengan metode *vacuum microwave-assisted hydro-distillation* yaitu *Limonene* (96,69%) dan *Pinene* (3,31%), yang termasuk dalam golongan sesquiterpen. Pengaruh waktu terhadap volume minyak kulit jeruk dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu ekstraksi hasil minyak kulit jeruk di dapat cenderung meningkat. Sedangkan untuk pengeruh variabel massa bahan, pada kisaran

massa bahan 50, 100, dan 150 g (dilarutkan dalam 300 mL pelarut air), massa bahan semakin besar rendemen minyak atsiri semakin turun.

DAFTAR PUSTAKA

- Astarini, N., Perry, B. R.Y. dan Yulfi, Z. 2010. Minyak Atsiri Dari Kulit Buah Citrus grandis, Citrus aurantium (L.) dan Citrus Aurantifolia (Rutaceae) sebagai Senyawa Antibakteri dan Insektisid. Surabaya: Jurusan Kimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November.
- Damayanti, A. dan Fitriana, E. A. 2012. Pemungutan Minyak Atsiri Mawar (*Rose Oil*) dengan Metode Maserasi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 1/2: 1-10.
- Fadel, O. dkk. 2010. Comparison of Microwave-Assisted Hydro-distillation and Traditional Hydro-distillation Methods for the Rosmarinus Eriocalyx Essential Oils from Eastern Morocco. *J. Mater. Environ. Sci.* 2/2: 112-117.
- Farhat, A., Fabiano-Tixier, A-S., Maataoui, M. E., Maingonnat, J-F., Romdhane, M. Chemat, F. 2011. Microwave steam diffusion for extraction of essential oil from orange peel: Kinetic data, extract's global yield and mechanism. *Food Chemistry*. 125/1: 255-261.
- Fong, O. H. 2012. Extraction Of Essential Oil From Orange Peels. Thesis. Faculty of Chemical & Natural Resources Engineering, University Malaysia Pahang.
- Handayani, P. A. dan Nurcahyanti, H. 2015. Ekstraksi Minyak Atsiri Daun Zodia (*Evodia Suaveolens*) dengan Metode Maserasi dan Distilasi Air. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 3/2: 1-10.
- Huda, I. M. 2014. Pengaruh daya microwave-assisted hydrodistillation terhadap kebutuhan energi Ekstraksi dan rendemen minyak nilam. Malang: Universitas Brawijaya.
- Jin, Y., Han, D., Tian, M., Row, K. H. 2010. Supercritical CO₂ extraction of essential oils from *Chamaecyparis obtusa*. *Nat. Prod. Commun.* 5/3: 461-464.
- Kamali, H., Aminimoghadamfarouj, N., Golmakani, E. and Nematollahi, A. 2015. The optimization of essential oils supercritical CO₂ extraction from *Lavandula hybrida* through static-dynamic steps procedure and semi-continuous technique using response surface method. *Pharma-cognosy Res.* 7/1: 57-65.
- Ketaren, S. 1990. *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Megawati dan Murniyawati, F. 2015. Microwave Assisted Hydro-distillation untuk Ekstraksi Minyak Atsiri dari Kulit Jeruk Bali sebagai Lilin Aromaterapi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 4/1: 18-26.
- Resti, S. E. S. 2010. Ekstraksi Minyak Atsiri dari Limbah Kulit Jeruk Manis di Desa Gadingkulon Kecamatan Dau Kabupaten Malang sebagai Cam-

- puran Minyak Goreng untuk Penambah Aroma Jeruk*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Suetsugu, T., Tanaka, M., Iwai, H., Matsubara, T., Kawamoto, Y., Saito, C., Sasaki, Y., Hoshino, M., Quitain, A. T., Sasaki, M., Sakamoto, J. and Goto, M. 2013. Supercritical CO₂ extraction of essential oil from Kabosu (*Citrus sphaerocarpa Tanaka*) peel. *Flavour*. 2/18.
- Suyitno. 2007. Waste to Energy. <http://msuyitno.blogspot.com/2007/07/energi-dari-sampah-1-pendahuluan.html>.
- Triyana, Asti Wida. 2013. *Ekstraksi Minyak Atsiri Biji Kemukus dengan Metode Microwave Assisted Hydro-distillation*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Wang, W. dkk. 2010. Comparison of Microwave-Assisted and Conventional Hydrodistillation in the Extraction of Essential Oils from Mango (*Mangifera indica L.*) Flowers. *Molecules*. 15: 7715-7723